

## **ACCIONES SUSTENTABLES PARA EDIFICIOS EDUCATIVOS EXISTENTES ESTUDIO DE CASO DE EDIFICIO DE GOBIERNO Y EDIFICIO DE DISEÑO DE LA FACULTAD DE ARTE DE LA UNCUIYO**

**Natalia Dengra<sup>1</sup>, Emilio Piñeiro<sup>2</sup>, Julia Prieto<sup>1</sup>**

Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño - Universidad de Mendoza.

Paseo Dr. Emilio Descotte 750 (5500) Mendoza. Teléfonos: 420-0948, 429-0584

e-mail: natalia.dengra@yahoo.com.ar , emiliopineiro@infovia.com, mjulia.prieto@gmail.com

### **RESUMEN**

Se propone una metodología para diagnosticar edificios educativos existentes mediante un análisis cuali-cuantitativo, evaluando el comportamiento energético y ambiental de los mismos. A partir de los resultados obtenidos se desarrollan estrategias de rehabilitación. Se tomaron como unidades de análisis dos edificios, pertenecientes a la Facultad de Arte y Diseño de la Universidad Nacional de Cuyo. Los resultados reflejaron ineficiencias en el uso racional de los recursos y deficientes condiciones de confort y habitabilidad higrotérmica en los espacios de trabajo. Se aplican estrategias de mejora sobre los edificios, obteniendo mejores resultados en cuanto a uso eficiente y ahorro de energía. Además condiciones de confort higrotérmico más adecuadas para espacios destinados a la enseñanza.

Este análisis ha permitido clasificar y diferenciar las falencias y su nivel de influencia dentro del comportamiento general del edificio. Lo que conduce a tomar decisiones y aplicar estrategias más específicas para diferentes realidades de proyecto.

**Palabras clave:** rehabilitación, eficiencia energética, sustentabilidad

### **INTRODUCCIÓN**

Al enfocar en particular la problemática que plantean los edificios, es significativo el hecho que del consumo de energía primaria, el sector edilicio representa (como promedio en los países de mediano desarrollo) un 30% y de ello surge la importancia de implementar técnicas propias que permitan contribuir desde este sector al desarrollo sostenible global.

En relación a esta temática se han desarrollado estudios y demostraciones, tanto de habitabilidad como de eficiencia energética, (Mitchell J, et al., 2005); (Filippin, 2005); (Schiller y Evans, 2005). , donde el ahorro de energía y el uso racional de los recursos es el aporte fundamental.

En los edificios públicos, generalmente, se plantea que el principal inconveniente radica en su alto consumo de energía y la falta de capacidad de adaptación a exigencias tanto poblacionales como climáticas, debido a que, en la mayor parte de los casos, su infraestructura es antigua y no han recibido el mantenimiento adecuado. Dentro de este sector, es importante considerar los edificios educativos ya que constituyen unidades demostrativas por excelencia. “*Son estos edificios, o mejor dicho, podrían ser, los mensajeros de eficiencia, eficacia y equidad hacia su comunidad educativa, hacia la sociedad.*” (San Juan et al., 2007).

Esto se ha verificado también en investigaciones realizadas sobre edificios educativos de uso intermitente. (Ledesma et al., 2003); (Díaz et al., 2007); (San Juan, 2000 y 2001); (San Juan et al., 2007). Encontrando referencias valiosas, tanto en el orden internacional como nacional. (BRITA Project, Unión Europea 2007); (Filippin y Beascochea, 2004).

Se plantea la necesidad de desarrollar métodos que permitan evaluar el estado de los edificios existentes, para luego aplicar estrategias de rehabilitación particulares para cada caso en cuestión.

Estrategias dirigidas hacia la adecuación y utilización positiva de las condiciones medioambientales, considerando el proyecto, la vida útil del edificio y la utilización por sus habitantes; es decir, aprovechando todos los recursos. Sin perder de vista, sus características constructivas, funcionales y estéticas.

---

<sup>1</sup> Arquitecta graduada en la FAUD - UM

<sup>2</sup> Profesor Titular FAUD - UM

DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

Clima

Los edificios se encuentran ubicados en el predio de la Universidad Nacional de Cuyo en la Ciudad de Mendoza. Ésta posee un clima árido continental mesotermal con elevadas oscilaciones diurnas y anuales de temperatura. La temperatura media anual es de 16.5°C. (Tabla 1). A continuación se pueden observar los datos climáticos de la zona antes mencionada.

Zona Bioambiental	Datos climáticos									
	VERANO					INVIERNO				
	T.max	T.med	T.min	HR	Heliofanía media	T.max	T.med	T.min	HR	Heliofanía media
Zona IVa templado-frío	29.5	22.9	17.8	51%	11 hs.	15.7	8.8	4.2	58%	6 hs.

Tabla 1: datos climáticos de la Ciudad de Mendoza.

Ubicación y Características

El Campus de la Universidad Nacional de Cuyo, está ubicado al noroeste de la Ciudad de Mendoza. Situado dentro del Parque General San Martín (Figura 1 y 2). Área de piedemonte. Altura sobre el nivel del mar 820 m.



Figura 1: Foto aérea de la Ciudad de Mendoza y la ubicación del Campus de la UNCuyo en relación a la misma



Figura 2: Foto aérea del Campus de la UNCuyo

Está rodeado de zonas residenciales de distintos niveles socio-económicos. Por encontrarse en un área de piedemonte posee gran vinculación con la naturaleza y el entorno urbano es de baja densidad. (Figura 3). El tejido que genera el conjunto es disgregado con volúmenes de alturas discretas y amplios espacios comunicados entre sí por circulaciones peatonales. Otra característica es que no se destaca un criterio dominante en cuanto a unidad formal, orientaciones, disposición ni aprovechamiento de recursos climáticos.

Los edificios que se analizaron y sobre los que se propusieron estrategias de rehabilitación son los que pertenecen a la **Facultad de Arte y Diseño**, específicamente el Edificio de Gobierno, donde funcionan aulas de teatro y la parte administrativa de dicha Facultad y el Edificio de Docencia donde funcionan aulas de diseño.(Figura 4).



Figura 3: foto aérea del Campus. (en rojo se marcan los edificios intervenidos)



Figura 4: vista de los edificios intervenidos. [1] Edificio de Gobierno: Inaugurado en 1989. [2] Edificio de Docencia: Inaugurado en 2001.

Las características que fundamentan su elección como caso de estudio son: que ambos poseen necesidades y falencias (1 y 2), poseen un uso similar y se encuentran próximos, conectados por un espacio exterior (4). Por otra parte, en el terreno que comparten ambos edificios, actualmente se está construyendo el edificio de la Facultad de Música, el cual es un proyecto concebido con diseño bioclimático (3). (Figura 5).

Considerando también que, por su carácter público y uso intermitente, albergan gran cantidad de usuarios y equipamiento, poseen mantenimiento menos atendido que edificios de carácter privado, y los usuarios generalmente no se sienten responsables por su mantenimiento y tampoco deben afrontar los costos de los servicios energéticos. Además, por su carácter paradigmático, son parte de la cultura y la educación de la población, son de fácil identificación popular y en consecuencia deben ser una imagen ejemplificadora del cambio.



Figura 5: fotos de las unidades de análisis enumeradas. (1) Edificio de Gobierno, (2) Edificio de Docencia, (3) Edificio Facultad de Música, (4) Espacio exterior que comparten los tres edificios pertenecientes a la Facultad de Arte.

## DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

Para llevar a cabo el estudio, se establecieron etapas, cada una con diferente grado de profundidad en la evaluación y aplicación de valoraciones y estrategias.

### **Etapas 1: Relevamiento, Etapa 2: Diagnóstico, Etapa 3: Estrategias**

En la Etapa de Relevamiento se recopiló información general y documentación técnica acerca del edificio: detalles constructivos, materiales, consumos energéticos (datos otorgados por la Dirección de Obras de la UNCuyo). Se realizó un relevamiento físico y fotográfico en cuanto a detalles, patologías etc.

La Etapa de Diagnóstico consistió en una evaluación del edificio. Para la concreción de esta etapa se elaboró un método de análisis, denominado “matriz de variables”, el cual se desarrollará más adelante. Este análisis, involucró diferentes variables relacionadas no sólo con el confort higrotérmico del edificio, sino también con; comportamiento lumínico, aprovechamiento de recursos, mantenimiento de las instalaciones, entre otras. La misma, se efectuó en 3 niveles de análisis: espacios individuales, edificio en general y edificio-entorno.

En la Etapa Estrategias, se efectúa un análisis de los resultados arrojados por la evaluación, detectando los puntos vulnerables, susceptibles de ser intervenidos. Relacionando falencias y potencialidades que ofrecen; su localización, implantación en el terreno, orientación, configuración arquitectónica, etc. En base a esto, se proponen acciones de rehabilitación.

Es importante considerar que el estudio se realizó sobre ambos edificios, pero para poder explicar con claridad todas las etapas del mismo, se desarrollará uno de los casos, que es el del Edificio de Gobierno.

### *Relevamiento*

Esta etapa constituye un acercamiento a la realidad del edificio a analizar. En este caso, el edificio se encuentra orientado en su fachada principal este – oeste. Es una planta regular con espacios conectados por una circulación principal central, y posee tres núcleos de circulación verticales. Cuenta con 3 niveles (planta baja, primer y segundo piso). (Figura 6)



Figura 6: planta baja del edificio de gobierno. El esquema de planta se repite en 1° y 2° piso.

E1: sanitarios, E2: aula fotografía, E3: oficina, E4: oficina, E5: oficina, E6: sanitarios, E7: oficina, E8: oficina, E9: aula común, E10: hall de acceso, E11: aula teatro, E12: aula danza, E13: aula común, C1: escalera, C2: escalera, C3: escalera, C4: corredor central.

La característica fundamental de este edificio es que presenta doble uso. Funciones muy diferentes como oficinas de administración y aulas de teatro y danza están contenidas en un mismo tipo de local (porque algunos locales proyectados originalmente como aulas se han destinado a oficinas); generando una interacción que impacta a las personas que trabajan en actividades administrativas. (Figura 6) (Tablas 4, 5 y 6).

En cuanto a mantenimiento y respuesta tecnológica a exigencias de acondicionamiento térmico, las falencias que se notaron en este primer acercamiento tienen que ver con un estado avanzado de deterioro de las instalaciones de calefacción. No cuenta con instalaciones para refrigeración excepto en determinados espacios aislados. Esto ha generado que se coloquen aparatos individuales (como estufas eléctricas o ventiladores de pie) según las necesidades de los usuarios, sin ningún tipo de control de consumos y calidad de los mismos. (Figura 7). (Tablas 4, 5 y 6).





Figura 7: Fotografías tomadas durante la etapa de relevamiento en las que se puede observar el estado de las instalaciones.

Por otra parte, el edificio recibe una excesiva insolación, principalmente en su fachada este, donde posee ventanas de grandes dimensiones, y sobre esta fachada se sitúan las aulas (Figura 6). No cuenta con elementos que protejan de la radiación solar, como parasoles verticales o forestación. Además, los muros de hormigón y ladrillo macizo, de alta inercia térmica, sumado a las actividades que se realizan en aulas como danza y teatro, provocan un aumento de las cargas térmicas y en consecuencia el confort higrotérmico se ve afectado. (Figura 8). El diseño de las carpinterías (pocas aberturas para ingreso de aire) y la configuración arquitectónica del edificio (aulas con sólo una orientación) tampoco favorece la ventilación cruzada, lo que podría contribuir a disipar las elevadas cargas térmicas.



Figura 8: Imágenes tomadas durante esta etapa, que ejemplifican las deficiencias antes mencionadas: la galería orientada al este con ingreso de radiación solar directa (fotografía tomada el 13 de enero de 2009 a las 9.23 hs.) y la tipología de carpinterías.

Otra de las falencias a la vista en esta etapa, fue el bajo nivel de iluminación natural, en un (80%) de los espacios que componen el edificio. Se realizaron mediciones in situ con luxómetro. Se detectaron grandes contrastes de iluminancia en las circulaciones que conectan con el exterior, pasando de valores de 11.000 lux en el exterior a 80 lux en el interior, en trayectos de 10 metros, lo que genera dificultades de adaptación de la vista a cambios tan bruscos de dichos niveles. Además, tanto en aulas como oficinas los niveles medidos fueron de entre 400 y 200 lux, menores a los mínimos necesarios para estos tipos de espacios. Conjuntamente, se determinó que, el diseño de carpinterías (vidrio repartido de pequeñas dimensiones y marcos de espesor considerable, de color negro) y la materialidad de los espacios interiores (ladrillo visto de color oscuro), afectaba de manera negativa la iluminación generando grandes contrastes, bajos niveles de reflectancia y mayores consumos de energía eléctrica, ya que se debe emplear iluminación artificial durante todo el día. (Figura 9). En cuanto a la iluminación artificial, el edificio cuenta con aparatos ineficientes (tubos T8), que consumen más cantidad de energía que otros disponibles en el mercado y éstos tampoco alcanzan a cumplir con los niveles de iluminación necesarios. (Tablas 4, 5 y 6).



Figura 9: Resumen de los valores arrojados por la medición in situ, con luxómetro. Imágenes tomadas durante la medición. Diagnóstico

Para la concreción de esta etapa se elaboró una metodología para evaluar los edificios antes mencionados. Ésta se denominó “matriz de variables”. Para la confección de la misma, se tomó como modelo base la metodología del Diagrama Morfológico (Baker, 1993). La aplicada en el presente trabajo, es una combinación de dicha metodología y una tabla de ponderación básica. Las variables incluidas en esta matriz fueron: **Iluminación natural, Iluminación artificial, Ventilación, Acondicionamiento térmico y Funcionamiento**. A cada una de las variables, a su vez, le corresponde una serie de parámetros; objetivos (aquellos se pueden cuantificar) y subjetivos (son de percepción, como de los espacios, componentes edilicios, mantenimiento de las instalaciones, entre otros). Los mismos, permiten evaluar distintos aspectos que conforman la variable general. En la Tabla 2 se presentan los parámetros incluidos en cada una de las variables enumeradas anteriormente.

ILUMINACIÓN NATURAL	ILUMINACIÓN ARTIFICIAL	VENTILACIÓN	ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO		FUNCIONAMIENTO	
			REFRIGERACIÓN	CALEFACCIÓN		
Nivel 1: Espacios individuales						
[O] Área - Porcentaje	[S] Circuitos	[O] Área - Porcentaje	[S] Tipo de artefacto	[S] Tipo de artefacto	[S] Función - Uso original	
1-Menos de 12%	1-Por sector	1-Menos de 12%	1-Aire acondicionado	1-Radiador	1-Si	
2- 12 %	2- Por espacio	2- 12 %	2- Ventilador de techo/muro	2- Estufa a gas	2-No	
3- Más de 12%	3-General	3- Más de 12%	3- Ventilador de pie	3- Estufa eléctrica	[S] Equipamiento	
[S] Ubicación de la ventana	[O] Nivel - Porcentaje	[S] Ubicación de la ventana	[S] Tipo de energía que consume	[S] Tipo de energía que consume	1-Óptimo	
1-Unilateral	1-Bajo (menos de 300 lux)	1-Unilateral	1-Electricidad	1-Gas	2- Inadecuado	
2-Bilateral	2- Normal (entre 300 - 500 lux)	2-Bilateral	2-Otra	2- Electricidad	3- No posee	
[S] Posición de la ventana	3-Alto (más de 600 lux)	[S] Posición de la ventana	[S] Autonomía	[S] Autonomía	[S] Subdivisiones interiores	
1-Centro del plano	[S] Tipo de lámpara <td>1-Centro del plano</td> <td>1-Individual</td> <td>1-Individual</td> <td>1-No</td>	1-Centro del plano	1-Individual	1-Individual	1-No	
2-Techo	1-Incandescentes	2-Techo	2- Por espacio	2- Por espacio	2- Total	
3-Enuentro de planos	2-Halógenas	3-Enuentro de planos	3- General	3- General	3- Parcial	
4- Muro vidriado	3-LFC	4- Muro vidriado	Caraterísticas y cantidad		[S] Acondicionamiento Acústico	
[S] Forma de la ventana	4- Reflectores	[S] Forma de la ventana	Caraterísticas y cantidad		1-Si	
1-Horizontal	[S] Distribución	1-Horizontal			2-No	
2- Vertical		2- Vertical				
3-Cuadrada		3-Cuadrada				
[S] Control		[S] Tipo de ventana				
1-Filtro interior		1-De abrir				
2-Filtro exterior		2-Pibotante				
3-No tiene		3-Brazo de empuje				
[O] Color interior (reflectancias)		[S] Orientación				
1- Color claro		1-Norte				
2-Color medio		2-Sur				
3- Color oscuro		3-Este				
[S] Orientación		4- Oeste				
1-Norte		Dimensiones y cantidad				
2-Sur						
3-Este						
4- Oeste						
Dimensiones y cantidad						
Nivel 2: Edificio en general						
[S] Orientación	[S] Distribución	[S] Orientación	[S] Orientación	ENERGÍAS	[S] Tipo que utiliza	
1- Norte - Sur	1-Por sector	1- Norte - Sur	1- Norte - Sur		1-Renovable	
2- Este - Oeste	2- Por espacio	2- Este - Oeste	2- Este - Oeste		2-No renovable	
[S] Porcentaje de aberturas norte	3-General	[S] Porcentaje de aberturas norte	[S] Forma del edificio		[S] Dispositivos de captación	
1- 0 - 25%	[S] Tipo de lámpara	1- 0 - 25%	1- Lineal		1-Activos	
2- 25 - 50%	1-Incandescentes	2- 25 - 50%	2- Módulo en peine		2-Pasivos	
3- + de 50%	2-Halógenas	3- + de 50%	[S] Protecciones		[O] Incendio	
[S] Porcentaje de aberturas sur <td>3-LFC</td> <th>[S] Porcentaje de aberturas sur</th> <td>1- Galería</td> <td>1-Cumple</td>	3-LFC	[S] Porcentaje de aberturas sur	1- Galería		1-Cumple	
1- 0 - 25%		1- 0 - 25%	2- Parasol		2-No cumple	
2- 25 - 50%		2- 25 - 50%	3- Forestación		[O] Salidas de emergencia	
3- + de 50%		3- + de 50%	[S] Sistema de Regulación y Control integrado		1-Si	
[S] Porcentaje de aberturas este		[S] Porcentaje de aberturas este	1- Posee		2-No	
1- 0 - 25%		1- 0 - 25%	2- No posee		[O] Envlovente (K) (categoría según Norma IRAM 11602)	
2- 25 - 50%		2- 25 - 50%	[O] Envlovente (K) (categoría según Norma IRAM 11602)		1-Si	
3- + de 50%		3- + de 50%	1- A		2-No	
[S] Porcentaje de aberturas oeste		[S] Porcentaje de aberturas oeste	2- B		[S] Factor forma - envlovente	
1- 0 - 25%		1- 0 - 25%	3- C		1-Menor a 2 (si)	
2- 25 - 50%		2- 25 - 50%			2-Mayor a 2 (no)	
3- + de 50%		3- + de 50%			[S] Mantenimiento vida útil	
[S] Forma del edificio		[S] Forma del edificio			1-Materiales reciclables	
1- Lineal		1- Lineal			2-Materiales no reciclables	
2- Módulo en peine		2- Módulo en peine			3-Alto mantenimiento	
					4- Bajo mantenimiento	
Nivel 2: Edificio y contexto						
				RECURSOS	[S] Aprovecha	
					1-Renovables	
					2-No renovables	
					[S] Recupera/Recicla	
					1-Si	
				2-No	[S] Espacios Forestados	
					1- 0 - 25%	
					2- 25% - 50%	

Tabla 2: Se muestran las variables consideradas para el análisis con los parámetros que las conforman. Las aclaraciones [O] y [S], colocadas delante de la denominación de cada parámetro, sirven para diferenciarlos en Objetivos y Subjetivos.

Los parámetros tienen diferente nivel de incidencia dentro de la variable que conforman, según la importancia de cada uno dentro de la misma, por esto para poder efectuar el proceso de ponderación, se le asigna a cada parámetro un valor (%) de incidencia dentro de la variable general. Estos valores conforman la matriz de estudio básica y no pueden ser modificados. (Tabla 3).

Luego, durante el proceso de análisis de cada unidad se asigna un valor de evaluación real, que deviene del estado real del edificio. Este valor va de 1 a 5 (considerando 1 el estado menos satisfactorio o que menos cumple con condiciones mínimas y 5 el más satisfactorio o que cumple con condiciones necesarias). Estos valores no son parte de la matriz base sino que se aplican por quien realiza la evaluación y pueden modificarse a medida que se lleva adelante el diagnóstico. (Tabla 3).

Una vez asignados todos los valores de evaluación, es decir una vez finalizado el estudio sobre las unidades análisis, se realiza la operación de ponderación en cada parámetro (valor de evaluación real x valor % de incidencia) y luego la sumatoria de dichos valores dividida por 100, constituye el valor promedio ponderado. Este valor de ponderación permite determinar el estado de cada variable en los tres niveles de análisis mencionados anteriormente; espacio individual (nivel 1), edificio en general (nivel 2) y edificio – entorno (nivel 3). (Tabla 3).

VARIABLE	UNIDAD DE ANALISIS	ILUMINACION ARTIFICIAL	ESPACIO 2 - Aula Fotografía				Observaciones
			Opción	Evaluación Real	Incidencia %	T.P.	
PARÁMETROS	NIVEL I	1. Circuitos	1,1	3	10	30	posee divisiones interiores por lo que la iluminación no es óptima
		1- Por sector 2- Por espacio 3- General					
VALORACION (entre 5 y 1) 5=bueno 1=vulnerable		2. Nivel - Porcentaje	2,1	1	50	50	115,16 lux (nivel inferior al mínimo necesario)
		1-Bajo 2-Normal 3-Alto					
PONDERACION Asignación de porcentajes según el grado de incidencia del parámetro en la variable. Ponderación		3. Tipo de lámpara	3,2	2	10	20	8 lámparas de 3 tubos (T8) cada una
		1-Incandescentes 2-LFC 3-Halógenas 4-Reflectores					
VALOR PROMEDIO PONDERADO Este valor se traslada a la matriz de resultado.		4. Distribución		4	30	120	
		Descripción					
	NIVEL II ILUMINACION AMBIENTAL	1. Distribución	1,3	4	40	160	
		1- Por sector 2- Por espacio 3- General					
		2. Tipo de lámpara	2,2	4	80	240	
		1-Incandescentes 2-LFC 3-Halógenas 4-Reflectores					
	P.P.					2,2	
						4	

Tabla 3: Ejemplo de matriz para la variable “iluminación artificial”.

En la Tabla 3 se muestra la “matriz de variables”, correspondiente a Iluminación Artificial, en el nivel 1 se ha colocado un aula, a modo de ejemplo, aunque la evaluación fue aplicada en todos los espacios que conforman el edificio en sus tres plantas. También se muestran los resultados alcanzados en el nivel 2.

Se muestran los valores obtenidos por cada parámetro. Por ejemplo si se observa el parámetro nivel de iluminación, se notará que la evaluación real es 1, debido a que, como se dijo anteriormente los aparatos empleados eran ineficientes lo que se traducía en bajos niveles de iluminación y mayores consumos energéticos. Por otra parte al habersele asignado un 50% de incidencia dentro de la variable general, tendrá una gran influencia dentro del valor final de ponderación.

#### Estrategias

Luego de completarse el proceso de ponderación, los valores promedio ponderado de cada unidad analizada pasan a conformar una “matriz de resultados”. En esta matriz, los resultados se ordenan por variable y por nivel de análisis. Además se asignó una escala de color para detectar con mayor facilidad los puntos vulnerables. A los valores por debajo de 3.5 le corresponde color rojo ya que se consideran vulnerables, mientras que mayores o iguales a 3.5 y hasta 4.5, tienen que ver con una situación buena, y por encima de 4.5 sería óptima, asignándoles color verde.

En base a esta matriz, efectuando un análisis de resultados y detectando los puntos susceptibles de ser intervenidos, se proponen acciones de rehabilitación.

En este caso, las estrategias básicas empleadas fueron:

- reducción de las pérdidas de calor por infiltración en invierno, a través de mejora de carpinterías.
- permitir la entrada del sol en invierno.
- evitar el ingreso del sol en verano diseñando protecciones solares.
- utilizar sistemas de acondicionamiento térmico eficientes.
- utilizar iluminación eficiente mediante el uso de lámparas de bajo consumo.

Cabe aclarar que, las estrategias además de tener relación directa con las falencias encontradas durante la etapa de diagnóstico, dependen también de la premisa de conservar el diseño original de los edificios y sus características estéticas, ya que son parte del patrimonio edilicio de la Provincia. Por esto, algunas estrategias posibles como por ejemplo, la modificación de la envolvente (colocación de aislamiento exterior, pintura, etc., para mejorar el comportamiento térmico), no fueron consideradas.

Las Tablas 4, 5 y 6, muestran la matriz de resultados que arrojó la tabulación final de todos los parámetros correspondientes al Edificio de Gobierno. Se encuentran separadas por planta. Esto permite observar los resultados obtenidos en los tres niveles de análisis y en todos los espacios.

NIVEL DE ANALISIS	VARIABLES						PROMEDIO PONDERADO
	UNIDAD DE ANALISIS	ILUMINACION NATURAL	ILUMINACION ARTIFICIAL	VENTILACION	ACONDICIONAMIENTO CALEFACCION	ACONDICIONAMIENTO O REFRIGERACION	
NIVEL I ESPACIOS	E1 sanitarios	3,7	3,6	3,75	3	0	3,2
	E2 aula fotografia	3,5	2,2	4,15	3	0	1,9
	E3 oficina	3,7	2,2	4,15	3	3,9	1,9
	E4 oficina	3,9	2,2	4,15	3	3,9	2,3
	E5 oficina	3,7	2,3	3,85	3	3,9	2,1
	E6 sanitarios	3,7	3,6	3,75	3	0	3,2
	E7 oficina	3,95	1,2	2,7	3	3,9	3,4
	E8 oficina	3,8	1,2	3,2	3	3,9	3,2
	E9 aula común	3,8	2,4	3,2	3	3,9	3,7
	E10 hall acceso	3,8	2,7	3,65	3	0	4
	E11 aula teatro	3,8	2,5	3,2	3	3,65	2,5
	E12 aula danza	3,8	2,5	3,2	3	0	2,5
	E13 aula común	3,95	2,4	2,6	2,75	0	3,3
	C1 escalera	2,6	3,2	0	0	0	3,8
	C2 escalera	2,9	3,2	0	0	0	3,8
	C3 escalera	2,9	3,2	0	0	0	3,8
	C4 corredor central	0	3,1	0	3,25	0	3
	NIVEL II EDIFICIO	3,38	4	2,98	2,2	2,2	3
	NIVEL III CONJUNTO						1,6

Tabla 4: matriz de resultados planta baja Edificio de Gobierno.



UNIDAD DE ANÁLISIS	ILUMINACION NATURAL	ILUMINACION ARTIFICIAL	VENTILACION	ACONDICIONAMIENTO CALEFACCION	ACONDICIONAMIENTO REFRIGERACION	FUNCIONAMIENTO
NIVEL I ESPACIOS						
E1 sanitarios	3,7	3,6	3,75	3	0	3,2
E2 aula taller	3,5	2	4,1	3	0	3,5
E3 aula taller	3,5	2	4,1	3	0	3,7
E4 oficina	3,5	2	4,1	3	3,9	1,6
E5 oficina	3,5	2	4,1	3	3,9	2,3
E6 sanitarios	3,7	3,6	3,6	3	0	3,2
E7 oficina	3,95	2,1	4,2	3	4,15	3,6
E8 oficina	3,8	2	4,4	3	3,9	2,8
E9 oficina	3,8	2	4,4	3	3,9	2,3
E10 archivo	3,8	2,3	4,1	3	0	3,1
E11 buffet	3,8	2	4,4	3	0	2,3
E12 aula	3,8	1,9	4,4	3	0	3,7
E13 aula	3,95	1,9	4,4	3	0	3,9
C1 escalera	2,6	2,9	0	0	0	3,9
C2 escalera	2,9	2,9	0	0	0	3,9
C3 escalera	2,9	2,9	0	0	0	3,8
C4 escalera	0	2,8	0	3,25	0	3

Tabla 5: matriz de resultados primer piso Edificio de Gobierno.

UNIDAD DE ANÁLISIS	ILUMINACION NATURAL	ILUMINACION ARTIFICIAL	VENTILACION	ACONDICIONAMIENTO CALEFACCION	ACONDICIONAMIENTO REFRIGERACION	FUNCIONAMIENTO
NIVEL I ESPACIOS						
E1 sanitarios	3,7	3,6	3,75	0	0	2,2
E2 aula taller	2,5	2,5	2,9	3	0	3,7
E3 aula taller	2,5	2,4	2,9	3	0	3,1
E4 aula común	2,5	2,3	2,9	3	3,9	3,1
E5 aula común	2,5	2,3	2,9	3	3,9	2,3
E6 office	3,7	3,6	3,6	0	0	2,2
E7 aula común	2,95	2,5	3	3	3,9	3,1
E8 aula común	3,8	2,3	2,9	3	3,9	2,3
E9 aula común	3,8	2,3	2,9	3	0	2,3
E10 aula común	3,8	2,5	4,1	2,5	0	3,1
E11 aula común	3,8	2,5	4,4	3	0	3,7
E12 aula común	3,8	2,5	4,4	3	0	3,7
E13 aula común	2,95	2,5	3	3	0	2,5
C1 escalera	2,6	3,2	0	0	0	3,9
C2 escalera	2,9	3,2	0	0	0	3,9
C3 escalera	2,9	3,2	0	0	0	3,8
C4 corredor	0	3,1	0	3,25	0	3

Tabla 6: matriz de resultados segundo piso Edificio de Gobierno.

Como se puede observar, en general, en los tres pisos se dan las mismas deficiencias. Esto se debe a que, en este caso, el edificio constituye una unidad compacta. Las características de la envolvente practicante son invariables, al igual que la tipología de carpinterías, dimensiones de las aberturas, dimensiones de espacio, etc. Las variaciones que se producen entre un piso y otro están relacionadas con mínimos cambios que se dan en el diseño o la configuración del edificio.

Las variables más afectadas son: **iluminación artificial**, debido al uso de artefactos ineficientes y mal mantenidos;  **acondicionamiento térmico** dadas por el inadecuado mantenimiento de las instalaciones, además, las carpinterías son de simple contacto y poseen vidrio simple, lo cual se traduce en importantes pérdidas de calor a través de las mismas, y la orientación (eje mayor en sentido norte – sur), ya que no puede aprovechar la ganancia directa del norte, en invierno; las galerías orientadas al este no posibilitan la apropiada protección solar, en verano. Por otra parte, en la variable **funcionamiento** también se dan valores negativos, los mismos tienen que ver con la superposición de usos y la falta de condiciones de seguridad y accesibilidad (iluminación de emergencia, ascensores, escaleras ignífugas, etc.).

En cuanto a **iluminación natural** existen diferencias entre los tres niveles. En el tercer piso, se dan valores más bajos debido a que las dimensiones de ventanas son menores, esto afecta negativamente los niveles de iluminación. Algo similar ocurre en los espacios de circulación ya que poseen aberturas muy pequeñas que no favorecen el ingreso de luz desde el exterior.

También, se detectan ineficiencias en **ventilación** (mayormente en el tercer piso) que tienen que ver con la relación entre dimensiones de ventanas y dimensiones de espacio, es decir las carpinterías son pequeñas en relación al volumen de los espacios. Además, por algunas de las actividades que se realizan en estos espacios la cantidad de renovaciones de aire no es suficiente para disipar las cargas térmicas. La tipología de ventanas (mayoritariamente fijas), tampoco contribuye con esta situación.

A continuación se pueden observar algunas de las estrategias de mejora planteadas, en relación a la información que arrojaron las tablas anteriores:

#### ■ Iluminación Natural y Artificial:

Para favorecer el ingreso de radiación solar, contribuyendo al acondicionamiento térmico en invierno. Además para disminuir los contrastes que se producen por las dimensiones y el color de los marcos. Se propuso un nuevo diseño de carpinterías, manteniendo la tipología de vidrio repartido pero ampliando las superficies transparentes. Carpinterías de madera (para conservar la estética del edificio) con doble vidriado hermético y cierre doble contacto, para minimizar pérdidas de calor (en invierno) y ganancias de calor (en verano). (Figura 10)

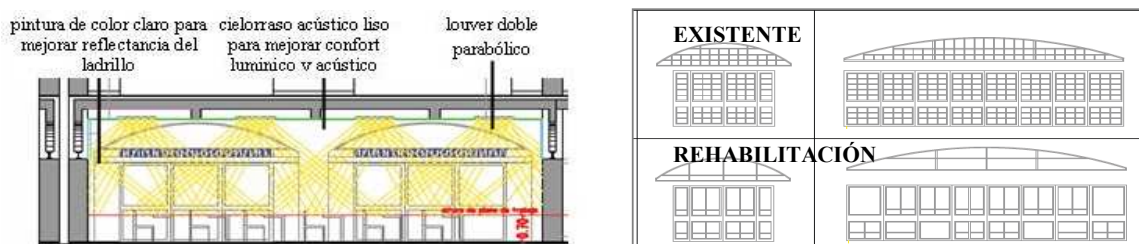


Figura 10: Gráficos donde se muestran en corte y vista las estrategias planteadas para mejorar la iluminación.

Para homogeneizar el flujo luminoso evitando contrastes sobre el plano de trabajo y ahorro energético. Reemplazo de luminarias existentes de las aulas (tubos T8) por tubos PHILIPS Línea Master TL-D Eco y lámparas Louver Doble Parabólico. Colocación de sensores de niveles de iluminación LUXMATE. Para mejorar las reflectancias en el interior de las aulas, se propuso pintar con pintura de color claro la parte superior de los muros de ladrillo visto y colocar un cielorraso de fibra mineral color claro liso, HUNTER DOUGLAS Línea OWAsthetic, Placa Sandila.

#### ▪ Ventilación y Acondicionamiento térmico

Para favorecer las renovaciones de aire, la acción planteada fue la modificación de las carpinterías existentes: **Carpinterías exteriores**: algunos paños existentes fijos, se convierten en paños de abrir. **Carpinterías interiores**: se propuso colocar extractores sobre las puertas interiores de las aulas, para extraer el calor estratificado de los espacios e inyectarlo al corredor principal del edificio, que al estar orientado norte – sur, permite disipar el calor hacia el exterior, a través de la ventilación cruzada.

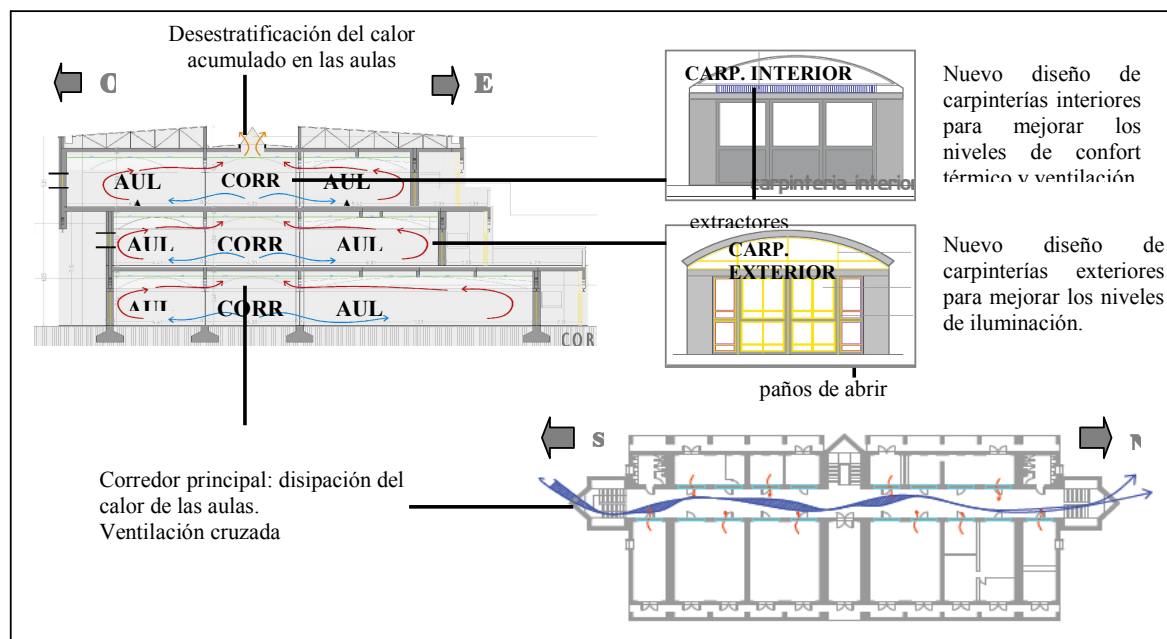


Figura 11: Se muestra en corte, planta y vista las estrategias planteadas para mejorar la ventilación y el acondicionamiento térmico.

## RESULTADOS

La comprobación del comportamiento de los edificios, con la aplicación de estrategias de mejora, se realizó mediante un balance térmico (Esteves y Gelardi 2003). Los datos corresponden en un primer momento a los edificios existentes con las condiciones actuales y en segundo lugar con los valores arrojados luego de las mejoras planteadas. Esto sirve para comparar los diferentes comportamientos (previos y posteriores a la rehabilitación) y evaluar el desempeño de las estrategias planteadas.

A continuación se muestran los datos obtenidos por dicho estudio (grados día 1384 – temperatura base 18°).

#### ▪ Balance térmico Verano.

El balance térmico de verano, se refiere a las ganancias térmicas del edificio que generan acumulación de calor en el interior del mismo, creando ambientes poco o nada confortables sin la utilización de sistemas de aire acondicionado. El mismo programa indica las ganancias de calor separándolas en: ganancias por la envolvente y ganancias internas. Las ganancias por la envolvente tienen en cuenta las ganancias por techos y muros, por ventanas (por conducción y radiación), por infiltración y por ventilación.

Las ganancias internas involucran la iluminación artificial, la presencia de personas y el equipamiento.

Se redujeron las ganancias por infiltración y ventilación (Figura 12), gracias a la propuesta de modificación de las carpinterías existentes. El resto de variables que tienen que ver con la envolvente no se modificaron, ya que como se dijo anteriormente no fueron intervenidas. Lo mismo sucede con la variable ocupantes, que en este caso es muy difícil de ser intervenida.





Figura 12: grafico comparativo del balance térmico del edificio en condiciones reales y después de aplicársele las estrategias planteadas.

El resultado más significativo para verano, fue la reducción en un 40.04% de las ganancias externas.

#### Balance Térmico Invierno.

Los resultados son más significativos luego de las mejoras. También, la propuesta de mejora de carpinterías contribuyó a la reducción de intercambios de calor por infiltración. El FAS (Fracción de ahorro solar), que es el porcentaje de la energía necesaria para calefaccionar el edificio que será cubierto con la energía solar, a través de acondicionamiento pasivo pasó de un 0.10% en la situación real a 1.70 % luego de las mejoras de carpintería.

El Coeficiente Global de Pérdidas CGP y el factor G hacen mención a las pérdidas totales del edificio y a su relación al volumen y su determinación sirve para comparar con los valores indicados en la Norma IRAM 11604, la cual tabula los valores de G mínimos aceptables en función del volumen edilicio y los grados-día de calefacción. En este caso, los valores obtenidos fueron: para la situación real, 14958,6 pasando a 5120,6 con la aplicación de estrategias de rehabilitación. (Figura 13).



Figura 13: grafico comparativo del balance térmico del edificio en condiciones reales y después de aplicársele las estrategias planteadas.

Para invierno, se logra un ahorro estimado del 69.17% en energía auxiliar para calefacción gracias al aprovechamiento de la energía solar disponible y a las mejoras en las carpinterías. Además la reducción de las pérdidas de calor, en un 65.76%, gracias al control de las infiltraciones. (Figura 14).

## CONCLUSIONES

A través de la metodología desarrollada, se comprobó que el edificio cuenta con un ineficiente planteo arquitectónico - tecnológico, con respecto al sitio donde se encuentra implantado. Por esto, la mayoría de las falencias encontradas, tienen que ver con las diferentes adaptaciones que se le han dado en el transcurso del tiempo para tratar de suplir las necesidades no sólo de los usuarios sino del edificio en sí mismo.

Si bien, es necesario confirmar los resultados obtenidos con métodos y estudios más exactos; este análisis ha permitido clasificar y diferenciar las falencias y su nivel de influencia dentro del comportamiento general del edificio. Lo que conduce a tomar decisiones y aplicar estrategias más específicas para diferentes realidades de proyecto.

Las estrategias de mejora planteadas, han permitido obtener buenas condiciones de confort térmico aprovechando el recurso solar ampliamente disponible en la zona. Y otorgando a los edificios condiciones de seguridad y equidad.

El trabajo constituye además un aporte a la difusión de los beneficios ambientales y para la salud del hombre del uso racional de la energía destinada a los profesionales, alumnos y a los poderes de gestión, aprovechando el efecto multiplicador que la comunidad educativa genera en la población.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Ing. Alfredo Esteves y al Arq. Daniel Gelardi por la orientación y las valiosas sugerencias recibidas para realizar este trabajo. También por permitirles utilizar su Programa de Balance Térmico y por la asistencia en el manejo del mismo.

## REFERENCIAS

- [1] Díaz y Czajkowski, (2007) “*Mejoramiento de las condiciones de habitabilidad higrotérmica en aulas y laboratorios de la FEG-UNES*”. Revista AVERMA. Vol 11 N° 1.
- [2] Filippin, C., (2005) “*Energía Eficiente. Uso eficiente de la energía en edificios*”. Editorial Amerindia.
- [3] Filippin y Beascochea, (2004) “*Ddescripción técnica de un auditorio bioclimático para la Universidad Nacional de La Pampa en General Pico*”. Revista AVERMA Vol 8 N° 1.
- [4] IRAM. Norma 11603: Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina. Buenos Aires. Argentina. 1996.
- [5] IRAM. Norma 11605: Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos. Buenos Aires. Argentina. 1996.
- [6] Mitchell J, et al (2005). “*Transferencias realizadas por el LAHV en edificios y viviendas sociales bioclimáticas*”. En “Los edificios bioclimáticos en los países de Ibero América”. INETI, CYTED.
- [7] Papparelli, et al, (2001). *Arquitectura y Clima en Zonas Áridas*. Editorial UNSJ.
- [8] Serra Florensa y Coch Roura. “*Arquitectura y Energía Natural*”. Ediciones UPC. 1995
- [9] San Juan, G. et al. (2000). “*Evaluación energética e incidencia de mejoras tecnológicas en tipologías escolares bonaerenses*”. Revista AVERMA. Vol 4 N°1.
- [10] San Juan G, Hoses S. (2001). “*Arquitectura Educacional. Investigación y Transferencia. 1995-2001*”.
- [11] San Juan Et al (2007). “*Curso de Actualización Profesional. Diseño Bioclimático en el espacio Físico Educativo*”. Revista AVERMA Vol 11 N°1.
- [12] Schiller S., Evans, J.M. (2005). “Proyectos de bajo impacto y alta eficiencia energética”. En “Los edificios bioclimáticos en los países de Ibero América”. INETI, CYTED.
- [13] Unión Europea, (2007 ) BRITA Project. “Bringing Retrofit Innovation to Application in Public Buildings”.

## ABSTRACT

This paper propose an evaluation methodology for diagnose educational buildings through a qualitative and quantitative analysis, evaluating their energy and environmental behavior . This analysis allows the development of rehabilitation strategies to achieve energetic improvements in buildings.

The analysis units were two of the buildings belonging to the Arts and Design Faculty of Cuyo’s National University (UNCuyo) located at Mendoza, Argentina. Results showed inefficiencies in the use of energy resources and poor thermal and conditions and in the workspaces. This leads to the implementation of specific strategies for different realities of project, obtaining better results in terms of efficiency and energy savings. Moreover, more adequate comfort conditions for teaching spaces. The results from this analysis have allowed to classify and differentiate failures and their level of influence within the general behaviour of the building.

Keywords: rehabilitation, efficiency energy, sustainability